

УДК 621:514.5:661.938

**В.В. Лобода, канд. техн. наук, старш. научн. сотр.,  
А.В. Соловьев**

Научно-исследовательский институт горной механики имени  
М.М. Федорова, г. Донецк, Украина, e-mail: tepu.nii@mail.ru

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНО-КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ НА ШАХТАХ

**V.V. Loboda, Cand. Sci. (Tech.), Senior Research  
Fellow,  
O.V. Solovyev**

ОАО “М.М. Федоров Research Institute of Mining Mecha-  
nics”, Donetsk, Ukraine, e-mail: tepu.nii@mail.ru

## SOME FEATURES OF THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF NITROGEN-COMPRESSOR STATIONS IN MINES

**Цель.** Разработка и применение технологий подземной выработки газообразного азота с помощью подземных модульных азотно-компрессорных станций с целью повышения технической производительности горных комплексов и безопасного ведения горных работ на угольных шахтах.

**Методика.** Расчетные исследования по использованию газа азота для инертизации пожаровзрывоопасной среды выработанного пространства и рабочей зоны исполнительных органов горных машин до безопасных концентраций.

**Результаты.** Показан один из вариантов применения газообразного азота в технологическом процессе угледобычи путем непосредственной подачи его на исполнительный орган горной машины для инертизации взрывоопасной метановоздушной среды.

**Научная новизна.** Обоснована необходимость и целесообразность создания мобильных азотно-компрессорных станций для выработки газообразного азота непосредственно в подземных условиях шахт и подачи его для инертизации пожаровзрывоопасной среды в забоях горных выработок при ведении горных работ.

**Практическая значимость.** Предлагаемая технология выработки газообразного азота в подземных условиях шахт в непосредственной близости от подземных потребителей позволяет сократить время на развертывание азотно-компрессорных станций (АЗКС), уменьшить потери азота в азотопроводах при подаче его с помощью поверхностных станций, производить инертизацию пожаровзрывоопасной среды непосредственно в забоях горных выработок, что позволит увеличить техническую производительность горных машин и комплексов и в совокупности обеспечит повышение безопасности ведения горных работ на шахтах.

**Ключевые слова:** шахта, газообразный азот, инертизация, азотно-компрессорная станция, горная выработка, безопасность

**Проблема и ее связь с научными и практически-ми задачами.** С ростом глубины угольных шахт возрастает метановыделение при ведении горных работ в выработках, что приводит к возникновению пожароопасных ситуаций и снижает возможность интенсификации процесса угледобычи. Из-за появления опасных концентраций метана в забоях не может быть реализована в полной мере техническая производительность добычных и проходческих комплексов. Традиционные способы дегазации шахт, как показала практика, не обеспечивают в полной мере безопасность ведения работ в забоях горных выработок, т.к. подземные пожары и взрывы, по причине появления опасных концентраций метана, происходят достаточно часто.

**Анализ исследований и публикаций.** В последние годы появился целый ряд работ, посвященных анализу причин роста метанобильности и возникновению пожароопасных ситуаций на глубоких угольных шахтах [1–3].

В этих научных работах показано, что газ метан содержится в угольном пласте не только в свободном, но и в связанном „растворенном“ состоянии. Выделение „растворенного“ в угле метана происходит только при

разрушении угольного массива добычными машинами. Это обстоятельство объясняет недостаточную эффективность традиционных методов дегазации шахт для повышения общей безопасности ведения горных работ.

В работе [4] показано возможное направление повышения безопасности ведения горных работ и реализации полной технической производительности горных машин, в частности, за счет инертизации взрывоопасной среды при отработке метанообильных угольных пластов. Развитие данного направления повышения безопасности и интенсификации ведения горных работ особенно для глубоких шахт является актуальным и требует проведения широких исследований.

**Постановка задачи.** С учетом вышеизложенного, поставлена задача показать актуальность, преимущества и недостатки способов выработки газообразного азота непосредственно на шахтах с помощью мобильных азотных станций и его применения как для тушения подземных пожаров, так и в технологическом процессе угледобычи для инертизации взрывоопасной метановоздушной среды.

**Изложение основного материала.** На угольных шахтах, в связи со специфическими горно-техническими условиями в процессе ведения горных работ, в ряде случаев происходят взрывы и возникают подземные по-

жары как экзогенного, так и эндогенного характера, наносящие им большой ущерб. Одним из наиболее распространенных видов аварий на угольных шахтах является рудничный подземный пожар из-за повышенного метановыделения.

Такое положение негативно сказывается на дальнейшем развитии всей угольной отрасли и поэтому весьма актуальным стал вопрос разработки новых технических решений по борьбе со все возрастающей метанообильностью угольных шахт. Для угольных шахт, как показали проведенные исследования, достаточно эффективным направлением повышения безопасности является инертнизация пожаровзрывоопасной среды в горных выработках с помощью инертных газов. Одним из наиболее доступных инертных газов для массового производства является азот, который входит в состав атмосферного воздуха.

На основании анализа возможных направлений эффективного применения газообразного азота в качестве инертизирующей среды в горных выработках глубоких шахт НИИГМ им. М.М.Федорова в 2001 г. был сделан вывод о необходимости производства его непосредственно на шахтах с помощью мобильных источников. В связи с этим НИИГМ им. М.М.Федорова, совместно с концерном „Укросметалл“, выполнили значительный объем работ по созданию и внедрению первых в Украине передвижных модульных азотно-компрессорных станций АМВП–15/0,7 СУ1 производительностью 15 м<sup>3</sup>/мин.

Станция азотная мембранная винтовая передвижная (АМВП–15/0,7 СУ1) предназначена для получения из атмосферного воздуха азота с концентрацией от 90 до 95%, используемого для предупреждения, локализации и тушения подземных пожаров в шахтах, обеспечения безопасности ведения горных работ, а также для других пожаровзрывобезопасных технологий.

В таблице приведена краткая техническая характеристика передвижной азотной станции АМВП–15/0,7 СУ1.

Таблица

Техническая характеристика передвижной азотной станции АМВП – 15/0,7 СУ1

Наименование параметра	Значение параметра
Объемная производительность по азоту при чистоте азота 95%, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /мин)	0,25 ± 0,033 (15 ± 2)
Давление азота на выходе, номинальное, МПа (кгс/м <sup>2</sup> )	0,8 (8)
Напряжение питания станции, В	6000
Общая потребляемая мощность станцией, кВт	402
Габаритные размеры станции, мм, не более:	
Длина	13540
Ширина	2500
Высота	4000
Масса станции, кг, не более	35000

Поставка газообразного азота в шахту от станции АМВП–15/0,7 СУ1 осуществлялась по специальному

гибкому трубопроводу, а в ряде случаев для этой цели приспособлялся существующий в шахте пневмопровод. Применение станции АМВП–15/7 при тушении и локализации подземных пожаров на шахтах „Краснолиманская“ ГП „Красноармейскуголь“, „Им. Ф.Э.Дзержинского“ ГП „Ровенькиантрацит“ и других дало положительные результаты. Однако был обнаружен и ряд недостатков, связанных со значительными затратами времени на развертывание станции и с потерями при подаче азота с поверхности шахты к подземным очагам возгорания, а также отсутствием достаточно эффективной технологии его применения.

Азот может применяться самостоятельно или в составе инертной пены, полученной с помощью пеногенераторов путем смешивания потока азота с раствором пенообразователя.

В зависимости от конкретных горнотехнических и горногеологических условий, подача азота (или инертной пены) от станции, расположенной на поверхности в подземные выработки может осуществляться:

- по трубопроводу, проложенному с поверхности по стволу;
- по скважине, которая пробурена с поверхности непосредственно в место использования.

Подача азота (или инертной пены) в место использования может осуществляться путем его нагнетания в:

- выработанное пространство;
- сопутствующий вентиляционный поток;
- рециркуляционный трубопровод.

Все работы, связанные с предупреждением, локализацией и тушением пожаров, должны выполняться согласно специально разработанному оперативному плану. В этом плане, как показал опыт применения мобильных азотных станций на шахтах, должно быть предусмотрено следующее:

- соответствующая технологическая схема применения азота (или инертной пены);
- при необходимости должен оперативно производиться расчет параметров выпуска азота;
- перечень технических средств, необходимых для реализации технологической схемы;
- порядок работы АМВП-15/0,7 СУ1 и выполнения подготовительных операций;
- порядок контроля газовой обстановки в месте использования азота (или инертной пены);
- меры техники безопасности для персонала, участвующего в работе.

Так как первые азотные передвижные станции располагались во взводах ГВГСС (государственная военизированная горно-спасательная служба), то их использование для тушения подземных пожаров на шахтах требовало определенного времени (1–3 часа) на доставку и подготовку.

Существующий шахтный (технологический) трубопровод специально готовился для подачи газообразного азота. Для предотвращения утечек азота и загазованности других эксплуатационных участков шахт, все ответвления (трубопроводы, идущие на другие участки), отводы от основной магистрали перекрывались и на каждом были установлены заглушки. В это же вре-

мя готовились для работы технические средства, необходимые для реализации схемы подачи азота в шахту.

После этого осуществляли пробный выпуск азота. После достижения необходимой герметичности трубопровода станцию АМВП-15/0,7 СУ1 включали в постоянную работу и газообразный азот подавали в зону использования. В течение времени выпуска азота выполнялся контроль газовой обстановки в зоне использования в целях обеспечения достаточной эффективности работ.

Существуют различные способы тушения пожаров. Один из них – изоляция и заполнение выработки инертными газами. Именно такой способ был успешно применен на шахтах „Краснолиманская“ и „Ф.Э.Дзержинского“ ГП „Ровенькиантрацит“.

В 2004–2005 годах была изготовлена серия таких станций для оснащения ими отрядов ГВГСС, которые доставляли их на шахты в случае возникновения подземных пожаров.

Для оперативного использования станций при тушении пожаров на шахтах с каждым отрядом ГВГСС предварительно были проработаны вопросы по размещению и техническому обслуживанию станций на постоянном месте дислокации, а также вопросы транспортировки станции на обслуживаемые шахты, подключения их на шахтах к электросети и трубопроводу.

Несмотря на положительные в целом результаты применения передвижных азотных станций, располагаемых на поверхности шахт для тушения пожаров взводами ГВГСС, были выявлены серьезные недостатки при реализации данного мероприятия.

Это, прежде всего, потеря значительного количества времени для доставки из места дислокации на шахту и развертывание азотных станций (1–3 часа), а также прокладка специального трубопровода в шахту к месту возникновения подземного пожара или переоборудование существующих технологических трубопроводов для подачи азота. Кроме того возникают неизбежные потери азота при транспортировании его по длинным трубопроводам в шахту.

В связи с этим НИИГМ им. М.М.Федорова приступил к разработке подземных модульных азотно-компрессорных станций, которые максимально приближены к местам потребления азота.

При этом предложено использовать газообразный азот непосредственно в технологическом процессе угледобычи и для предупреждения подземных пожаров [4]. В предложенном способе газообразный азот подается для инерттизации непосредственно в добычной или проходческий забой от подземной азотно-компрессорной станции, располагаемой вблизи места его потребления (рис.1).

Процесс инерттизации заключается в подаче в призабойное пространство такого количества азота  $m_a(t)$  в единицу времени, который гарантированно будет обеспечивать безопасную концентрацию метана в забое  $C_{кр}$ , т.е. меньше 1%.

Скорость выноса метаноазотновоздушной смеси из забоя может быть приравнена к скорости воздушного потока, подаваемого на проветривание выработки по

фактору интенсивности метановыделения  $m_m(t)$  из пласта.

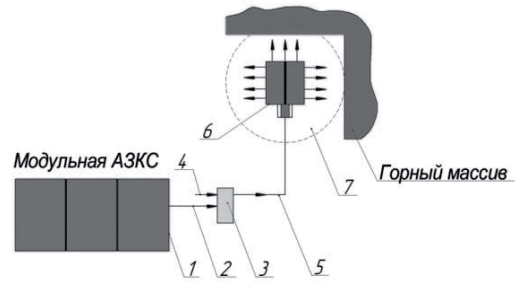


Рис. 1. Схема подачи азота для инерттизации призабойного пространства: 1– АЗКС; 2 – трубопровод; 3 – специальный смеситель; 4 – трубопровод; 5 – гибкий трубопровод; 6 – исполнительный орган; 7 – призабойное пространство

Непосредственно в призабойном пространстве (рис. 2), ввиду наличия препятствия движению воздушной струи в выработке, образованной исполнительным органом 2 горной машины 3 и тупиковой части забоя 4 вследствие торможения этой струи, возникает наиболее опасная зона, в которую необходимо подать азот для инерттизации.

При стационарном процессе скорость поступления газа в забой совпадает со скоростью вынесения газа из забоя. Однако поступает в забой чистый метан  $m_m(t)$  из разрушенного угля, а выносится метаноазотновоздушная смесь. Запишем уравнение, описывающее изменение средней концентрации метана в забое. При этом, с целью повышения мер безопасности, принимаем, что количество воздуха, подаваемого на проветривание выработки, рассчитано на гарантированное снижение концентрации метана в ней до безопасной величины 1%.

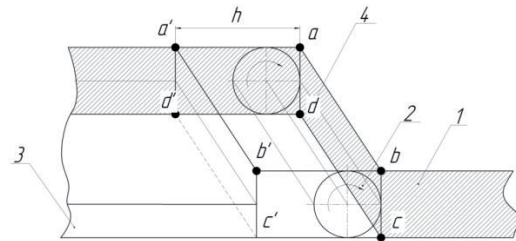


Рис. 2. Схема тупиковой части забоя с исполнительным органом горной машины: 1 – угольный пласт; 2 – исполнительный орган горной машины; 3 – горная машина (комбайн); 4 – горный массив (тупиковая часть забоя сечением abcd); ad – мощность пласта; aa' – зона работы исполнительного органа комбайна

Обозначим через  $m(t)=m_m(t)+m_a(t)$  количество метана и азота, а через  $q(t)$  – воздуха, поступающих в выработку в единицу времени. Сумма этих величин  $m(t)+q(t)$  представляет собой общее количество газа, которое поступает в выработку. Согласно приведенному в [2] анализу, это же количество газа выходит из выработки за единицу времени. Будем считать, что состав воздуха  $m_a(t)=m_m(t)+q(t)$ , поступающего в выработку, одинаков и является постоянной величиной.

В случае, когда азот не подается в забой  $m_a(t)=0$ , тогда  $m(t)=m_m(t)$ .

Обозначим через  $c(t)$  текущую концентрацию метана. Скорость смены этой величины  $\frac{dc}{dt}$  определяется разницей скорости поступления метана в горную выработку  $m_m(t)$  и скорости выхода метана из выработки  $(m_m(t)+q(t))c(t)$ , т.е.

$$\frac{dc}{dt} = m_m(t) - (m_m(t) + q)c(t).$$

Если принять за начальные условия то, что метана в воздухе, который поступает в малый промежуток времени в забой, также нет, то текущая концентрация метана  $C_m(t) = C(0) = 0$  и за малый отрезок времени можно считать, что  $m_m(t) = m(0) = 0$ . Тогда максимальная концентрация метана, которая может достигаться в забое, будет

$$C_{max} = \frac{m_0}{m_0 + q}.$$

Если величина  $C_{max}$  ниже критической концентрации метана  $C_{кр}$ , являющейся максимально допустимой, то опасная концентрация его никогда не достигается и работа забойных механизмов будет проходить в безопасном режиме.

Значение опасной концентрации метана ( $C_{кр}$ ) в забое очистной выработки, если интенсивность источника метановыделения соответствует  $I_0$ , будет определяться по формуле

$$C_{кр} = \frac{I_0}{I_0 + q}.$$

Рассмотрим процесс инертизации в случае, когда газообразный азот подается непосредственно через исполнительный орган добычной машины. В этом случае учитываем поступление метана только на длине  $l_3=2h$  (рис.3) забойной линии из разрушенного массива угля, который еще не загружен на конвейер. В этом случае интенсивность метановыделения непосредственно в очистном забое будет [2]

$$I_{03} = \frac{2b_1 \cdot 60V_s}{\sqrt{A_1} \cdot l_3},$$

где  $b_1$  – параметр, характеризующий поступление метана из угольного пласта при его разрушении исполнительным органом 2 горной машины 3;  $V_s$  – скорость звука в метановой среде, м/с;  $A_1$  – параметр, характеризующий относительную скорость движения метана в очистном забое ( $A_1 = 86,4 \cdot 10^3 V_s / V_n$ ), где  $V_n$  – скорость продвижения забоя, м/сутки;  $l_3$  – длина забоя, м.

Значение опасной концентрации метана в забое при подаче азота в количестве  $q_{акр}$  будет равно

$$C_{кр} = \frac{I_0}{I_0 + q_{акр}}.$$

При этом время достижения опасной концентрации (1%) метана в забое, согласно [3], будет

$$t_{кр} = -\frac{1}{I_{03} + q_{акр}} \ln \left[ 1 - \frac{C_{кр}(I_{03} + q_{акр})}{I_{03}} \right].$$

Минимальное количество азота, которое необходимо подавать через исполнительный орган горной машины для инертизации взрывоопасной среды в забое

$$q_{акр} = \frac{I_{03}(1 - c_{кр})}{c_{кр}} = \frac{2b_1}{\sqrt{A_1}} \frac{60V_s(1 - C_{кр})}{l_3 C_{кр}}.$$

Количество азота, подаваемого в забой, зависит от горнотехнических и технологических условий отработки угольных пластов.

Расчеты показывают, что для разных условий отработки угольных пластов и эффективном коэффициенте диффузии угля  $D_f = (0,5 \div 1,5) 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  в очистной забой пласта средней мощности 1,2 ÷ 1,5 м для инертизации необходимо подавать от 3,5 до 20 м<sup>3</sup>/мин газообразного азота. С увеличением эффективной пористости угля  $\gamma_e$  от 0,1 до 0,3 м<sup>3</sup>/мин также возрастает и количество азота, которое необходимо подавать в забой для инертизации (рис 3).

Для выработки газообразного азота в количестве от 3,5 до 5 м<sup>3</sup>/мин могут использоваться в составе азотной станции шахтные мобильные винтовые компрессорные установки производительностью 15 м<sup>3</sup>/мин. А при большой потребности в газообразном азоте должны применяться подземные модульные азотно-компрессорные станции (ПАКС) с несколькими винтовыми компрессорами. При отсутствии потребности в газообразном азоте, в соответствии с предусмотренной технологией, ПАКС может работать только на выработку сжатого воздуха и подавать его к пневмопотребителям, что увеличивает эффективность данных станций.

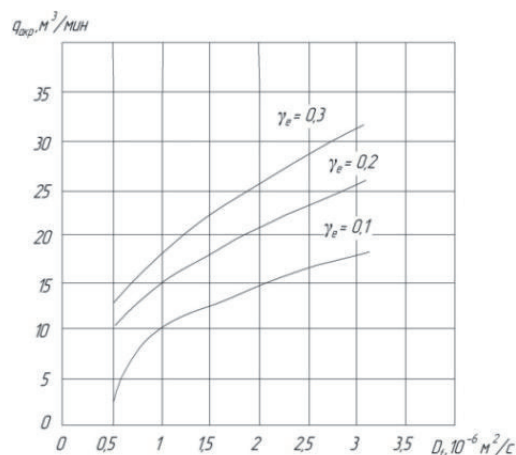


Рис. 3. Зависимость подачи азота  $q_{акр}$  в забой от эффективного коэффициента диффузии угля  $D_f$  при  $\gamma_e = var$

Исследования, проведенные ИФГП НАН Украины, показали, что, в случае подачи для проветривания очистной выработки длиной 330 м воздуха в количестве 35 м<sup>3</sup>/с при мощности пласта 2,2 м и скорости продвижения забоя 5,5 м/сутки, уже через 3 мин будет достигнута

недопустимая концентрация метана  $>1\%$  при  $D_f = (1.8 \div 3.0) \text{ м}^3/\text{с}$ . В этом случае необходимо увеличить подачу воздуха в выработку на проветривание, что сделать очень проблематично ввиду работы системы вентиляции шахты, как правило, на грани ее возможностей. Данная проблема может быть решена путем подачи в забой газообразного азота от ПАКС, которая расположена поблизости в горной выработке согласно разработанному НИИГМ им. М.М. Федорова новому способу.

Согласно новому способу работы, к потребителям от ПАКС прокладывают азотопровод и воздухопровод, соответственно, для транспортировки азота и сжатого воздуха при работе в обычном режиме, или транспортируют азот по двум трубопроводам в случае аварии, когда необходимо подать увеличенное количество азота (рис. 4).

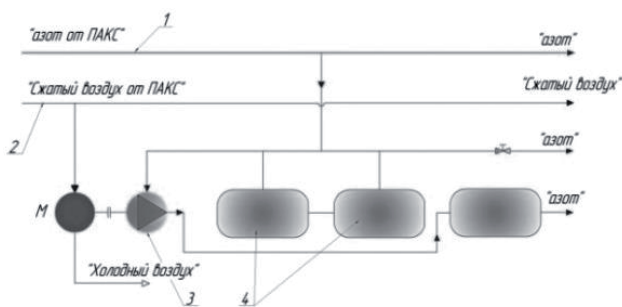


Рис. 4. Схема работы ПАКС с накопительной емкостью и дожимным компрессором: 1 – азотопровод; 2 – воздухопровод; 3 – дожимной компрессор; 4 – накопительная емкость

В непосредственной близости от потребителя азотопровод 1, идущий от ПАКС, подключают к буферным (накопительным) емкостям 4, которые могут быть выполнены в виде металлических баков, соединенных между собой, или в виде специально оборудованной, заглушенной горной выработки достаточно большого объема, в которой накапливают азот для дальнейшего использования. Например, при возникновении пожара в горной выработке может потребоваться значительное количество газообразного азота для выброса его в очаг возгорания. В ряде случаев требуется повысить давление газообразного азота у потребителя, тогда используют дожимной компрессор 3.

Таким образом, при отработке угольных пластов глубоких шахт, для обеспечения безопасности ведения горных работ и увеличения технической производительности горных машин, требуется применение ПАКС, расположенных в непосредственной близости от места потребления азота для инертизации. При такой схеме размещения ПАКС будет обеспечено наиболее эффективное применение газообразного азота как в технологическом звене угледобычи, так и в случае возникновения пожароопасных ситуаций в отдаленных горных выработках, поскольку значительно уменьшается время на развертывание противопожарных мероприятий с использованием инертного газа азота.

**Выводы.** Применение поверхностных мобильных азотных станций для выработки газообразного азота и

подачи его к местам использования для инертизации взрывоопасной среды в горных выработках шахт во многих случаях малоэффективно. С целью интенсификации добычи угля и повышения безопасности ведения горных работ в глубоких шахтах, в большинстве случаев, необходимо предусмотреть применение ПАКС для инертизации азотом выработанного пространства или непосредственно рабочей зоны исполнительных органов горных машин. Необходимое количество азота, которое следует подавать от ПАКС при ведении горных работ в очистной забой, зависит от физических и технологических параметров. Эффективность использования ПАКС в технологическом процессе угледобычи может быть увеличена за счет подачи от нее к месту ведения горных работ как инертного газа азота для инертизации взрывоопасной среды для пневмопотребителей, так и сжатого воздуха.

**Список литературы / References**

1. Связанный метан в природных углях / [Алексеев А.Д., Коврига Н.Н., Пастернак З.Г. и др.] // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк, 2003. – №6. – 8с.  
 Alekseyev, A.D., Kovryha, N.N., Pasternak, Z.G., Starykov G.P. and Ulyanova, Ye.V. (2003), "Fixed methane in natural coals", *Sb. Fiziko-tekhnicheskiye problemy gornogo proizvodstva*. IFHP NANU, Donetsk, no.6, pp. 8.
2. Опыт исследования разных форм наличия метана и его объема в угленосной толще: материалы Междунар. научно-практической конф. „Добыча и использование газа-метана: привлечение инвестиций“, 18 сентября, 2009 г. / А.Д. Алексеев, В.Г. Гринев, Г.П. Стариков – Донецк, 2009.  
 Alekseyev, A.D., Grinev, V.G. and Starikov G.P. (2009), "Previous studies of various forms of presence and amount of methane in the coal-bearing column", *International Scientific and Practical Conference "Extraction and use of methane gas: attracting investment"*, Donetsk, Ukraine, September 18, 2009.
3. Алексеев А.Д. Численное моделирование выхода метана из угля с учетом волны разгрузки и раскрытия пористости при изменении напряжений. Проблемы горного давления / Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Филипов А.Э. // Сб. научных трудов ДонНТУ. – Донецк, 2003. – №3. – С. 30–31.  
 Alekseyev, A.D., Starikov G.P. and Filipov A.E. (2003), "Numerical simulation of methane from coal in view of the unloading wave and disclosure porosity changing voltages. Rock pressure problems", *Sb. nauchnykh trudov DonNTU*, Donetsk, no.3, pp. 30.
4. Патент №34114 Україна. МП<sup>к7</sup> E21F5/00, A62 C3/02. Спосіб підвищення безпеки та ефективності процесу руйнування гірничого масиву комбайном і бурильною установкою / Грядущий Б.А., Коваль А.М., Лобода В.В. и др.; Заявитель и патентодержатель ОАО „Научно-исследовательский институт горной механики им. М.М. Федорова“. – № 20080352; заявл. 19.03.08; опубл. 25.07.08; Бюл. №14.  
 Hriadushchyi, B.A., Koval, A.M., Loboda, V.V., Kirik, H.V., Zharkov, P.Ye., Lavrinko, O.M. and Lisovyi,

S.G. Pat.34114 Ukraine МРК<sup>7</sup> F04C29/04, B08B3/10, F04C28/00. Method of improvement of the safety and efficiency of the rock massif destruction by combine and drilling machine. Patent ОАО "М.М. Fedorov Research Institute of Mining Mechanics", no.200803521; declared on March 19, 2008; published on July 25, 2008, bulletin no.14.

**Мета.** Розробка та застосування технологій підземної виробки газоподібного азоту за допомогою підземних модульних азотно-компресорних станцій з метою підвищення технічної продуктивності гірничих комплексів і безпечного ведення гірничих робіт на вугільних шахтах.

**Методика.** Розрахункові дослідження з використання газу азоту для інертизації пожежовибухонебезпечного середовища виробленого простору та робочої зони виконавчих органів гірничих машин до безпечних концентрацій.

**Результати.** Показаний один з варіантів застосування газоподібного азоту в технологічному процесі вуглевидобутку шляхом безпосередньої подачі його на виконавчий орган гірничої машини для інертизації вибухонебезпечного метаноповітряного середовища.

**Наукова новизна.** Обґрунтована необхідність і доцільність створення мобільних азотно-компресорних станцій для вироблення газоподібного азоту безпосередньо в підземних умовах шахт і подачі його для інертизації пожежовибухонебезпечного середовища в забоях гірничих виробок при веденні гірничих робіт.

**Практична значимість.** Пропонована технологія вироблення газоподібного азоту в підземних умовах шахт у безпосередній близькості від підземних споживачів дозволяє скоротити час на розгортання азотно-компресорних станцій (АЗКС), зменшити втрати азоту в азотопроводах при подачі його за допомогою поверхневих станцій, здійснювати інертизацію пожежовибухонебезпечного середовища безпосередньо в забоях гірничих виробок, що дозволить збільшити технічну продуктивність гірських машин і комплексів і в суку-

пності забезпечить підвищення безпеки ведення гірничих робіт на шахтах.

**Ключові слова:** шахта, газоподібний азот, інертизації, азотно-компресорна станція, гірнича виробка, безпека

**Purpose.** Consideration of some aspects of scientific problems of development and application of technologies for underground production of nitrogen gas via underground modular nitrogen compressor stations to improve the technical performance of mining complexes and mine safety in coal mines.

**Methodology.** Computational studies on the use of nitrogen gas for inerting fire and explosion hazardous atmosphere of mined-out area and working area of the executive devices of mining machinery to safe concentrations.

**Findings.** We suggest an option of use of nitrogen gas in the process of coal mining by directly supplying it to the executive device of the mining machine for inerting explosive methane environment.

**Originality.** We have substantiated the necessity and feasibility of establishment of nitrogen-mobile compressor stations to generate nitrogen gas directly in underground mines and providing of its supply for inerting fire and explosion hazardous atmosphere in faces of mine workings during mining operations.

**Practical value.** The proposed technology of generation of nitrogen gas in underground conditions close to underground consumers can reduce the time spent on NCS deploy, reduce nitrogen losses during feeding by nitrogen surface compressor stations through gas-supply pipe, and perform inerting of fire and explosion hazardous medium directly in the faces of mine workings. This may increase the technical performance of mining machines and systems and in combination will improve the safety of mining.

**Keywords:** mine, nitrogen gas, inerting, nitrogen compressor station, excavation, safety

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Е.І. Антоновим. Дата надходження рукопису 20.12.13.*